

USULAN *PREVENTIVE MAINTENANCE* PADA MESIN KOMORI LS440 DENGAN MENGGUNAKAN METODE *RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE* (RCM II) DAN *RISK BASED MAINTENANCE* (RBM) DI PT ABC

¹Destina Surya Dhamayanti, ²Judi Alhilman, ³Nurdinintya Athari

^{1,2,3}Program Studi Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Telkom University

¹destina.s.dhamayanti@gmail.com, ²judi.alhilman@gmail.com, ³nurdinintya@telkomuniversity.ac.id

Abstrak—PT ABC merupakan perusahaan cetak dalam skala nasional. Produk yang dihasilkan oleh perusahaan merupakan buku ajar, majalah, surat kabar, dan lain sebagainya. Kegiatan *maintenance* yang ada PT ABC terbagi menjadi dua, yaitu *preventive maintenance* setiap senin dan kamis serta kegiatan *corrective maintenance* yang dilakukan jika mesin mengalami kegagalan fungsi. Kegagalan fungsi pada mesin Komori masih cukup tinggi. Oleh karena itu, diperlukan kegiatan pencegahan untuk meningkatkan reliabilitas mesin. Metode yang dilakukan adalah *Reliability Centered Maintenance*, yaitu dengan menganalisis *failure* yang terjadi dengan menggunakan analisis *Failure Mode and Effect Analysis* dan *Decision Worksheet*. Hasil dari analisis ini merupakan *preventive task* masing-masing komponen. Sedangkan untuk menganalisis risiko yang diakibatkan jika mesin mengalami gagal fungsi, yaitu dengan metode *Risk Based Maintenance*. Hasil yang diperoleh dari nilai risiko yang ditanggung perusahaan ketika mesin mengalami *failure*, yaitu sebesar Rp965.904.899,36. Berdasarkan hasil pengolahan data pada subsistem kritis diperoleh kesimpulan bahwa enam komponen dilakukan dengan *task scheduled on condition*, tiga komponen dengan *task scheduled restoration*, dan enam komponen dengan *task scheduled discard*. Sedangkan untuk interval waktu dalam pengerjaan *preventive maintenance* pada komponen tersebut disesuaikan dengan *task* yang diperoleh. Setelah mendapatkan interval waktu perawatan, kemudian ditentukan biaya perawatan usulan yang dikeluarkan perusahaan, yaitu sebesar Rp971.567.519,69.

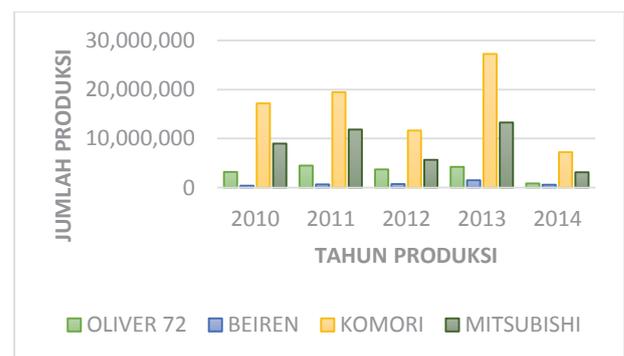
Kata kunci: *Corrective Maintenance, Decision Worksheet, Failure Mode and Effect Analysis, Preventive Maintenance, Reliability Cencentered Maintenance, Risk Based Maintenance*

I. PENDAHULUAN

Maintenance merupakan sebuah kegiatan untuk mengembalikan fungsi dari mesin atau sistem ke fungsi normal. Kegiatan *maintenance* sering dilakukan pada pabrik yang memiliki mesin-mesin besar. Sebagai contoh pada perusahaan perusahaan cetak.

PT ABC merupakan perusahaan cetak dalam skala nasional. Produk yang dihasilkan oleh perusahaan merupakan buku ajar dari SD, SMP, SMA, majalah, surat kabar, dan lain sebagainya. Jumlah produksi PT ABC dari tahun 2010 – 2013 mengalami kenaikan. Namun pada tahun 2014 produksi PT ABC mengalami penurunan. Penurunan ini terlihat dari jumlah produksi hanya sebesar 78% dari produksi yang direncanakan. Penurunan jumlah produksi ini diakibatkan oleh sering terjadinya kerusakan pada mesin. Kegagalan fungsi pada mesin sering terjadi sehingga membuat mesin berhenti bekerja.

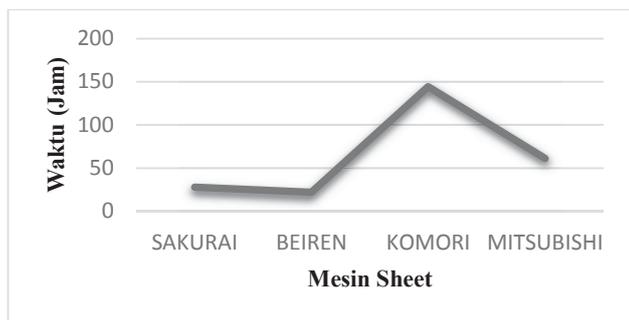
Proses produksi PT ABC terdiri dari proses pracetak, cetak *sheet*, cetak *web*, dan *finishing*. Fokus penelitian ini yaitu pada proses cetak terutama cetak *sheet*. Pemilihan ini dikarenakan proses cetak *sheet* merupakan proses yang cukup berpengaruh pada penjualan produk karena proses ini membuat *cover* untuk buku. *Cover* buku merupakan salah satu unsur pertama dilihat ketika membeli sehingga bagian *cover* memerlukan cetakan yang bagus.



Gambar 1 Jumlah Produksi Mesin Cetak *Sheet*

Pada proses cetak *sheet* terdapat beberapa mesin yaitu mesin Oliver, Beiren, Komori, dan Mitsubishi. Gambar 1 memperlihatkan jumlah produksi masing-masing mesin pada proses cetak *sheet* selama rentang tahun 2010 – 2014. Sedangkan untuk Gambar 2 memperlihatkan jumlah *downtime* (jam) masing-masing mesin cetak *sheet* pada tahun 2014. Kedua gambar tersebut memperlihatkan

bahwa produksi dan *downtime* tertinggi terdapat pada mesin Komori LS440. Maka dari itu dibutuhkan perawatan pada mesin untuk menjaga dan meningkatkan produksi mesin serta untuk mengurangi *downtime* yang cukup tinggi.



Gambar 2 Downtime Mesin Cetak Sheet 2014

Penentuan *preventive maintenance* pada mesin Komori LS440 menggunakan metode RCM (*Reliability Centered Maintenance*). Metode RCM merupakan sebuah metode yang digunakan untuk menentukan kebijakan *preventive maintenance* dengan menggunakan *information* dan *decision worksheet*. RCM digunakan untuk memperoleh kegiatan perawatan agar suatu aset fisik terus bekerja melakukan fungsinya sesuai konteks pengoperasiannya pada saat ini [1]. Sedangkan *preventive maintenance* merupakan semua tindakan yang dilakukan dalam sebuah jadwal yang terencana, periodik, dan spesifik untuk menjaga sebuah perangkat dalam kondisi operasional yang ditentukan, dengan melalui proses pemeriksaan dan rekondisi [2].

Penentuan kebijakan *preventive maintenance* juga memperhitungkan interval waktu perawatan. Interval waktu perawatan digunakan untuk menentukan kapan sebaiknya mesin dilakukan perawatan. Interval waktu ini dihitung berdasarkan *task* yang sebelumnya telah ditentukan pada *decision worksheet*. Selain menghitung interval waktu kerusakan, biaya perawatan *preventive maintenance* juga dihitung untuk melihat berapa biaya yang dikeluarkan perusahaan jika menerapkan *preventive maintenance* usulan.

Metode kedua yang ada pada penelitian ini merupakan metode RBM. Metode RBM merupakan suatu metode kuantitatif yang didasarkan dari integrasi pendekatan antara *reliability* dan sebuah strategi pendekatan risiko yang bertujuan untuk mengoptimalkan jadwal *maintenance* dan untuk meminimalkan risiko yang ditimbulkan akibat *failure* yang terjadi [3]. *Output* dari metode RBM pada penelitian ini adalah nilai risiko yang ditanggung perusahaan jika sistem mengalami kegagalan fungsi.

Penelitian tentang penentuan *preventive maintenance* pernah dilakukan Jatnika [4]. Penelitian tersebut dilakukan penelitian di PT Perkebunan Nusantara VIII Pabrik Rancabali dengan menggunakan metode *reliable centered maintenance* (No.11). Tujuan pada penelitian ini yaitu menentukan kebijakan perawatan, interval waktu, total biaya *equipment* sistem kritis di PT Perkebunan Nusantara VIII pabrik Rancabali. Metode yang digunakan yaitu metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM II). Adapun untuk

output dari penelitian tersebut, yaitu usulan kebijakan perawatan, interval waktu, total biaya *equipment* sistem kritis.

Selain penelitian yang menggunakan metode RCM II, terdapat penelitian tentang *preventive maintenance* dengan metode RCM II dan metode RBM yang dilakukan Noorzaman [5]. Penelitian ini dilakukan di PT Dirgantara Indonesia dengan menggunakan metode *reliability centered maintenance*, *risk based maintenance* dan *marginal assurance* (No. 11). Tujuan pada penelitian ini yaitu menentukan faktor-faktor yang menyebabkan tingginya *downtime*, kegiatan *maintenance* yang tepat, konsekuensi risiko yang diakibatkan kerusakan subsistem kritis, total biaya perawatan dan waktu *preventive maintenance* yang optimal.

II. METODE PENELITIAN

Pada bagian ini akan dijelaskan langkah-langkah pengerjaan dalam penelitian penentuan kebijakan perawatan.

A. Model Konseptual

Gambar 3 menunjukkan langkah-langkah pengerjaan dalam mencari *preventive maintenance* usulan. Sebelumnya perlu dilakukan pengumpulan data. Data yang diperlukan dalam penelitian ini yaitu diskripsi mesin Komori LS440, kebijakan *maintenance existing*, *data time to failure*, *data time to repair*, data biaya komponen, data biaya material, data biaya upah *engineering*.

Langkah awal yang dilakukan yaitu mendiskripsikan objek penelitian. Objek pada penelitian ini merupakan mesin Komori LS440. Dalam langkah awal ini dilakukan pendeskripsian cara kerja mesin dan komponen yang terdapat pada mesin.

Langkah kedua yaitu menentukan *system breakdown structure*. *System breakdown structure* digunakan untuk mendiskripsikan sistem-sistem apa saja yang membangun mesin Komori LS440. *System breakdown structure* juga digunakan untuk menentukan *maintenable item* yang terdapat pada mesin Komori LS440.

Langkah ketiga yaitu menentukan sistem dan subsistem kritis pada mesin Komori LS440. Penentuan dilakukan dengan menggunakan *failure record system*. Pemilihan ini sistem dan subsistem kritis dilakukan dengan memilih kerusakan terbanyak.

Langkah keempat yaitu menentukan *functional failure* yang terdapat pada mesin Komori LS440. *Functional failure* diambil dari tahun 2010 – 2014. Pada langkah keempat ini dilakukan analisis menggunakan metode RCM. Hasil analisis *functional failure* merupakan *preventive task* usulan.

Langkah kelima yaitu pengukuran kuantitatif dengan mengambil data *Mean Time to Failure* (MTTF), *Mean Time to Repair* (MTTR). MTTF akan dijadikan dalam perhitungan nilai *reliability* subsistem kritis. MTTR akan digunakan dalam menentukan biaya perawatan subsistem.

Dalam menentukan MTTF dan MTTR (No.12) terlebih dahulu dilakukan *plotting* distribusi pada data TTF dan data TTR. Distribusi yang digunakan untuk *failure* yaitu distribusi eksponensial, distribusi normal, dan distribusi weibull. Setelah mendapatkan distribusi yang sesuai kemudian dilakukan penentuan parameter yang mewakili distribusi. Jika sudah ditentukan ditentukan parameter kemudian dilakukan perhitungan untuk mencari MTTF dan MTTR.

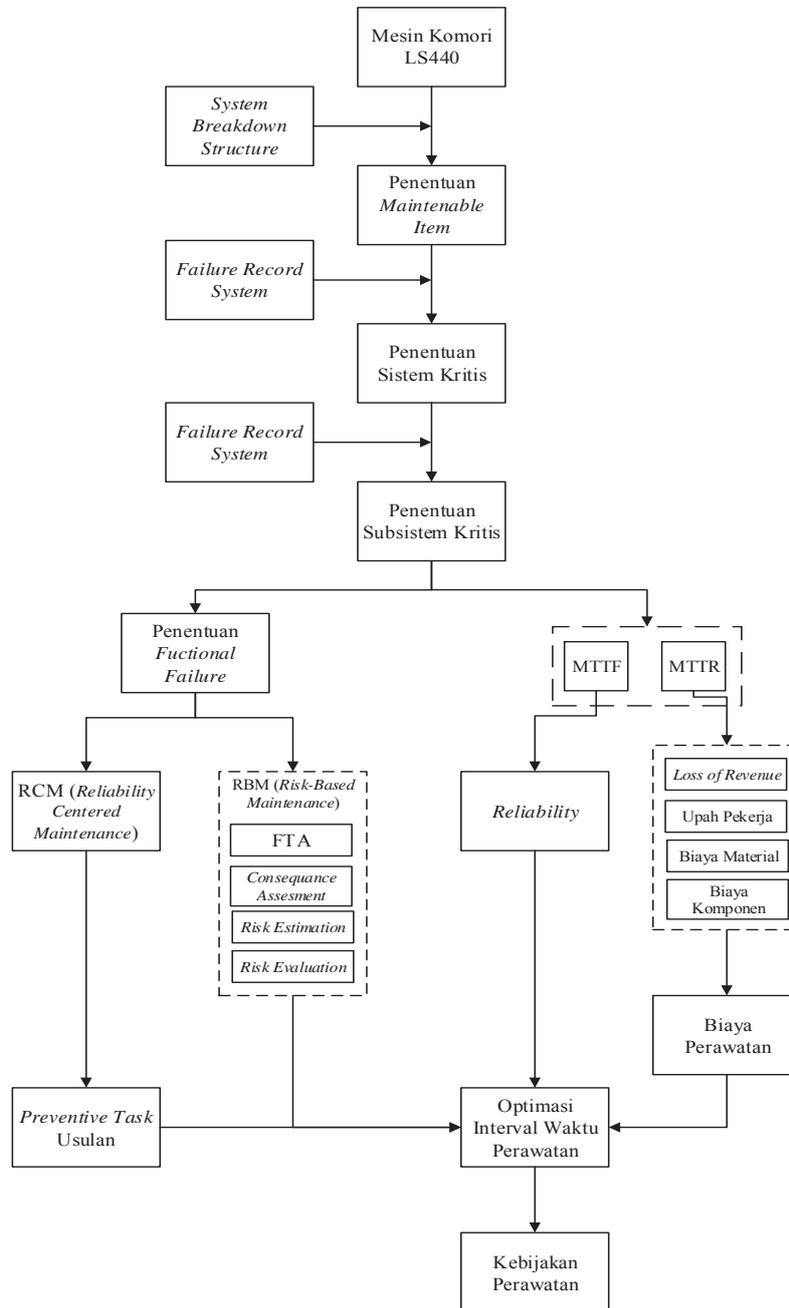
Langkah keenam dilakukan penentuan interval waktu perawatan. Interval waktu ini merupakan interval waktu perawatan kegiatan *preventive maintenance*.

Langkah ketujuh dilakukan perhitungan untuk melihat berapa biaya yang dikeluarkan untuk melakukan kegiatan *preventive maintenance* usulan dan untuk melihat apakah kegiatan *preventive maintenance* usulan layak atau tidak untuk diimplementasikan.

Langkah selanjutnya yaitu menentukan berapa besar nilai yang dikeluarkan oleh perusahaan ketika mesin mengalami kegagalan

fungsi. Nilai risiko ini juga menentukan apakah perusahaan masih bisa mentoleransi kegagalan fungsi yang didapat. Jika tidak dapat diterima, maka dilakukan kegiatan *preventive maintenance* usulan untuk mengurangi risiko kegagalan fungsi mesin Komori LS440.

Langkah terakhir, yaitu menentukan kebijakan *preventive maintenance* dengan mempertimbangkan nilai risiko kegagalan fungsi, biaya kegiatan *preventive maintenance* usulan, dan dengan mempertimbangkan interval waktu perawatan serta melihat *maintenance task* yang telah dilakukan analisis sebelumnya.



Gambar 3 Model konseptual

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pemilihan Sistem dan Subsystem Kritis

Pemilihan sistem dan subsystem kritis bertujuan untuk memfokuskan cakupan penelitian. Pemilihan sistem dan subsystem kritis menggunakan *failure record system*. Mesin Komori LS440 terdiri dari tiga sistem yaitu sistem elektronik, *chiller* dan mekanik. Tabel I menunjukkan sistem-sistem yang ada di mesin Komori LS440 dengan jumlah *failure* yang terjadi selama tahun 2010 – 2014.

Berdasarkan Tabel I dapat diketahui bahwa sistem kritis pada mesin Komori LS440 merupakan sistem mekanik. Pemilihan ini berdasarkan jumlah kerusakan sistem mekanik sebesar 45 kerusakan atau 82% dari total kerusakan. Sistem mekanik terdiri dari beberapa subsystem pendukung, yaitu subsystem *feeder*, *printing*, dan *delivery*. Pada Tabel II dapat diketahui bahwa subsystem kritis terdapat pada subsystem *feeder*. Pemilihan ini berdasarkan jumlah kerusakan subsystem *feeder* yang cukup tinggi yaitu sebanyak 24 kerusakan atau 44%.

TABEL I
FREKUENSI KERUSAKAN SISTEM KOMORI LS440

Sistem	Jumlah kerusakan	Persen kerusakan
Elektronik	7	13%
Mekanik	45	82%
<i>Chiller</i>	3	5%
Total	55	

TABEL II
FREKUENSI KERUSAKAN SUBSISTEM KOMORI LS440

Sistem	Jumlah kerusakan	Persen kerusakan
Elektronik	24	44%
Mekanik	20	36%
<i>Chiller</i>	1	2%
Total	45	

B. Pengukuran Kualitatif Menggunakan RCM

Pengukuran kualitatif menggunakan metode RCM dilakukan untuk menentukan apa saja kebutuhan *maintenance* pada subsystem penyusun sistem kerja Komori LS440. Hasil pengukuran menggunakan RCM dapat dilihat pada Tabel V khususnya pada kolom *task* usulan.

1. Fungsi Sistem dan Kegagalan Fungsional

Mesin Komori LS440 terdiri dari beberapa subsystem mekanik yang saling berhubungan satu subsystem dengan subsystem yang lain. Subsystem yang ada memiliki fungsi berbeda-beda yang mendukung kinerja satu sama lain agar mesin dapat bekerja dengan baik. Sedangkan kegagalan fungsional merupakan kegagalan yang terjadi pada mesin selama waktu beroperasi.

2. *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

FMEA menjelaskan penyebab kegagalan serta dampak yang ditimbulkan akibat kegagalan tersebut. Sebagai contoh dapat dilihat pada Tabel VI, kerusakan pertama yang terjadi pada *sucker feeder* merupakan *bearing* berkarat. *Bearing*

berkarat merupakan *failure mode* atau penyebab kegagalan, sedangkan efeknya merupakan unit *feeder* berisik (No.13).

3. *Logic Tree Analysis* (LTA)

Logic Tree Analysis digunakan untuk mengklasifikasikan konsekuensi modus kegagalan. Modus kegagalan ini menggunakan *Decision Worksheet* [1]. Modus kegagalan dikategorikan dalam empat mode, yaitu *Hidden Failure* (H), *Safety Consequences* (S), *Environmental Consequences* (E), dan *Operational Consequences* (O). *Hidden Failure* merupakan sebuah modus kegagalan yang tersembunyi pada saat keadaan normal oleh operator. *Safety Consequences* merupakan modus kegagalan yang berhubungan dengan keselamatan operator. *Environmental Consequences* merupakan modus kegagalan yang berhubungan dengan lingkungan. *Operational Consequences* merupakan modus kegagalan yang memberikan konsekuensi operasional. Setiap komponen akan dilihat apakah terdapat konsekuensi kegagalan. Analisis dengan menggunakan LTA dapat dilihat pada lampiran A (No.13).

4. *Preventive Task Selection*

Preventive Task terdiri dari tiga alternatif, yaitu *scheduled on condition task*, *scheduled restoration task*, dan *scheduled discard task*. Pemilihan ketiga alternatif ini berdasarkan analisis yang terdapat pada RCM *Decision Logic*.

Kolom *preventive task* memiliki beberapa simbol yang menunjukkan alternatif masing-masing *task* H1S1O1N1 menunjukkan bahwa *task* yang harus dilakukan yaitu *scheduled on condition task* jika H2 S2 O2 N2 menunjukkan bahwa *task* yang harus dilakukan yaitu *scheduled restoration task* sedangkan H3 S3 O3 N3 menunjukkan bahwa *task* yang harus dilakukan yaitu *scheduled discard task*. Hasil Analisis dengan menggunakan *Preventive Task* dapat dilihat pada lampiran A.

C. Perhitungan MTTF dan MTTR

Sebelum menghitung MTTF dan MTTR, maka terlebih dahulu melakukan pengujian distribusi terhadap waktu *failure* (TTF) dan waktu *repair* (TTR) masing-masing komponen. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan *software* MiniTab 17. Setelah mendapatkan jenis distribusi masing-masing komponen, kemudian ditentukan parameter masing-masing distribusi dengan menggunakan *software* Avsim+ 9.0. Setelah mengetahui distribusi dan parameter untuk setiap komponen, kemudian dilakukan perhitungan untuk mengetahui MTTF dan MTTR masing-masing komponen. Jika komponen berdistribusi eksponensial dan normal, maka MTTF dan MTTR ditentukan dengan nilai parameter μ . Namun jika komponen berdistribusi weibull maka menggunakan rumus:

$$MTTF/MTTR = \eta \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right), \Gamma(x) = \text{tabel Gama} \quad (1)$$

Tabel III merupakan hasil perhitungan MTTF pada masing-masing komponen kritis. Perhitungan ini dilakukan sesuai dengan distribusi dan nilai parameter masing-masing, sedangkan Tabel IV menunjukkan hasil perhitungan MTTR pada masing-masing komponen kritis. Cara perhitungan MTTR dan MTTF sama yaitu dengan menyesuaikan distribusi dan nilai parameter.

D. Penentuan *Maintenance Task* dan Perhitungan Waktu Interval Perawatan

Penentuan *maintenance task* dilakukan dengan menganalisis *information worksheet* dan *decision worksheet* [1]. Analisis pada *information worksheet* dilakukan dengan mengamati *record failure*. Tabel *information worksheet* terdiri dari fungsi sistem, kegagalan sistem dan FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*).

TABEL III
NILAI PARAMETER DAN MTTF KOMPONEN KOMORI LS440

Komponen	Distribusi	Parameter		MTTF (Jam)
		η	β	
Sucker Feeder	Weibull	η	3749,17	3349,958
		β	1,06067	
Rantai Meja Feeder	Normal	μ	4722,96	4722,96
		σ	4575,16	
Solenoid Feeder	Weibull	η	1470,48	2087,876
		β	0,629688	

TABEL IV
NILAI PARAMETER DAN MTTR KOMPONEN KOMORI LS440

Komponen	Distribusi	Parameter		MTTF (Jam)
		η	β	
Sucker Feeder	Weibull	η	4,26513	3,80633
		β	1,69144	
Rantai Meja Feeder	Eksponensial	μ	2,85417	2,85417
		ϵ	0,080395	
Solenoid Feeder	Eksponensial	μ	3	3
		ϵ	0,098837	

Setelah mendapatkan *information worksheet* dari *record failure* kemudian dapat ditentukan *decision worksheet*. Tabel *decision worksheet* berisi *Logic Tree Ananlysis (LTA)* dan *preventive task*. Hasil dari *decision worksheet* yaitu *maintenance task* untuk masing-masing komponen kritis. *Maintenance task* hasil *decision worksheet* ada tiga jenis, yaitu *schedule on condition task*, *scheduled restoration task* dan *scheduled discard task*. Analisis *decision worksheet* dilakukan dengan digram keputusan RCM [1].

Hasil *maintenance task* yang telah ditentukan kemudian akan ditentukan interval waktu yang tepat untuk melakukan perawatan. Perhitungan interval waktu ini tergantung pada jenis *task* yang ada pada komponen. Rumus untuk menghitung interval perawatan *schedule on condition task* yaitu [1]

$$PM = 1/2 \times P-F \text{ Interval} \quad (2)$$

Adapun untuk rumus yang digunakan pada *scheduled restoration task* dan *scheduled discard task* yaitu dengan dilakukan perhitungan biaya perbaikan atau penggantian kerusakan komponen. Rumus yang digunakan yaitu sebagai berikut.

$$Cf = Cr + MTTR (Co + Cw) \quad (3)$$

Cf = Biaya perbaikan atau penggantian karena kerusakan komponen setiap siklus perawatan

Cr = Biaya penggantian kerusakan komponen

Co = Biaya kerugian produksi (*loss revenue*)

Cw = Biaya tenaga kerja Cf (Biaya perbaikan), kemudian dilakukan perhitungan untuk menghitung biaya yang dikeluarkan

Setelah mendapatkan nilai untuk melakukan perawatan (Cm) yaitu dengan menjumlahkan biaya *downtime* + tenaga kerja + biaya perbaikan. Jika nilai Cf dan Cm diketahui maka dapat dilakukan perhitungan untuk menentukan interval waktu yang tepat untuk kegiatan *maintenance*. Rumus penentuan interval waktu pada setiap masing-masing *task* dapat dilihat pada persamaan 4.

$$TM = \eta \times \left(\frac{Cm}{Cf (\beta - 1)} \right)^{\frac{1}{\beta}} \quad (4)$$

Tabel V menunjukkan hasil penentuan *maintenance task* disetiap masing-masing kerusakan. Serta Tabel V menunjukkan interval waktu untuk melakukan *maintenance task* tersebut. Sebagai contoh pada komponen *sucker feeder* yang memiliki *maintenance task scheduled on condition*, perawatan seharusnya dilakukan setiap 1.829,78 jam sekali untuk menjaga reliabilitas komponen tersebut.

TABEL V
HASIL PENENTUAN TASK DAN PERHITUNGAN INITIAL INTERVAL

No.	Komponen	Task Usulan	MTTF (Hours)	Initial Interval (Hours)
1	Sucker Feeder	Scheduled on Condition	3349,96	1829,78
		Scheduled Discard		2,183,127
		Scheduled Discard		2,212,905
		Scheduled Discard		2,230,536
		Scheduled on Condition		1829,78
		Scheduled Discard		2,210,262
2	Rantai Meja Feeder	Scheduled on Condition	4722,96	2361,48
		Scheduled Restoration		2,953,570
		Scheduled Discard		2,883,858
3	Solenoid Feeder	Scheduled on Condition	2087,88	2922,15
		Scheduled on Condition		2922,15
		Scheduled Discard		1,363,666
		Scheduled on Condition		2922,15
		Scheduled Restoration		1,374,753
		Scheduled Restoration		1,374,756

E. Perhitungan Biaya Perawatan

Perhitungan biaya perawatan dihitung dari perawatan usulan yang telah ditentukan sebelumnya. Perhitungan ini dilakukan dengan menggunakan rumus [6]

$$Tc = (C_M + C_r) \times f_M \quad (4)$$

C_M = biaya yang dikeluarkan untuk perawatan
 C_r = biaya komponen
 f_M = frekuensi pelaksanaan *preventive maintenance*

Hasil perhitungan, biaya yang dikeluarkan untuk melakukan kegiatan *preventive maintenance* eksisiting yang dilakukan dalam kurun waktu tiga bulan sekali yaitu sebesar Rp1.242.004.320,00, sedangkan untuk kegiatan *preventive maintenance* usulan yang dilakukan seperti *task* yang telah dihitung didapatkan nilai sebesar Rp971.567.519,69. Biaya *preventive maintenance* usulan lebih rendah daripada *preventive maintenance* eksisiting menunjukkan interval waktu yang dikeluarkan untuk kegiatan *preventive maintenance* usulan lebih optimal.

F. Perhitungan Risiko RBM

Perhitungan risiko dilakukan dengan menggunakan metode RBM. Risiko ini merupakan risiko yang diterima perusahaan ketika mesin mengalami kegagalan. Langkah pertama dalam menentukan berapa besar yang ditanggung perusahaan yaitu dengan menyusun skenario kegagalan. Skenario kegagalan merupakan skenario untuk masing-masing komponen yang memperlihatkan *failure mode* dan *failure effect*. Setelah menyusun skenario kegagalan, kemudian ditentukan seberapa besar nilai kegagalan tersebut.

TABEL VI
SKENARIO KEGAGALAN DAN NORMALISASINYA

Komponen	Skenario Kegagalan	Normalisasi Konsekuensi
Sucker Feeder	1 Bearing berkarat, Unit feeder berisik	5
	2 Pully penggerak patah, Hisapan vacum kurang maksimal	8
	3 Kompresor vacum patah, As kopel tidak berputar	8
	4 Bearing vacum aus dan kotor, Sucker feeder tidak menghisap	9
	5 Filter pump kotor, Vacum tidak menghisap kertas	9
	6 Carbon blade rusak, Pump tidak bekerja normal	8
Rantai Meja Feeder	1 Dudukan sensor bergetar, Kertas tidak jalan	8
	2 Guide tidak terbuka, Kertas sobek ketika diambil oleh gripper	9
	3 Guide separator drive bengkok, Kertas berhenti di rantai meja	8
Solenoid Feeder	1 Sensor kotor, Double sheet	7
	2 Timing berubah, Sidelay tidak pada posisi seharusnya	7
	3 Bushing selang keropos, Jalan kertas tidak lancar	8
	4 Cam dan camfollower gripper tidak tersetting, Jalan kertas tidak lancar	7
	5 Sensor mati, Cetak bukan pada tempatnya	7
	6 Gripper dan run detector eror, Terjadi double sheet	7

Tabel VI memperlihatkan berapa nilai setiap masing-masing kerusakan. Rentang nilai pada normalisasi kerusakan yaitu dari 0 – 10. Nilai nol merupakan kerusakan yang tidak menyebabkan pengaruh terhadap kegiatan operasional perusahaan. Akan tetapi, sepuluh merupakan nilai tertinggi yang berarti dengan adanya kerusakan tersebut dapat menghentikan proses produksi pada perusahaan.

Langkah ketiga dalam menentukan risiko yaitu dilakukan dengan menggunakan *probabilistic hazard assesment* yang dilakukan dengan metode *fault tree analysis*. *Fault tree analysis* merupakan gambaran skenario kerusakan yang mungkin terjadi pada subsistem kritis. Hasil analisis *fault tree analysis* dapat dilihat pada Lampiran B.

Langkah selanjutnya yaitu dilakukan dengan *quantitative hazard assesment*. Hal pertama yang dilakukan yaitu dengan menghitung *system performance loss* dengan cara (Waktu Downtime x Loss Production) + (Mean Time To Repair x Engineer cost) + Material cost + Harga Komponen [3].

TABEL VII
NILAI SYSTEM PERFORMANCE LOSS

No.	Komponen	System Performance Loss
1	Sucker Feeder	Rp 104.339.266,59
2	Rantai Meja Feeder	Rp 942.371.606,01
3	Solenoid Feeder	Rp 104.257.408,00

Tabel VII merupakan hasil perhitungan untuk mendapatkan *system performance loss*. Setelah mendapatkan nilai *system performance loss*, kemudian dilakukan perhitungan untuk mencari probabilitas kerusakan setiap komponen kritis (Q(T)) dengan persamaan kepadatan probabilitas. Kemudian untuk mendapatkan nilai risiko untuk masing-masing komponen dilakukan perhitungan dengan cara mengkalikan *system performance loss* x Q(T). Tabel VIII merupakan hasil perhitungan risiko yang ditanggung PT ABC untuk kerusakan pada setiap subsistem kritis tanpa adanya kegiatan *preventive maintenance*. Nilai yang ditanggung yaitu sebesar Rp965.904.899,36.

TABEL VIII
PERHITUNGAN RISIKO

No.	Komponen	System Performance Loss	Q(T)	Risk
1	Sucker Feeder	Rp 104.339.266,59	0,983316	Rp 102.598.426,29
2	Rantai Meja Feeder	Rp 942.371.606,01	0,81057	Rp 763.858.152,68
3	Solenoid Feeder	Rp 104.257.408,00	0,953873	Rp 99.448.320,39
Total				Rp 965.904.899,36

Risiko sebesar Rp 965.904.899,36 dirasa cukup besar oleh PT ABC, karena dengan nilai sebesar itu dapat menjadi penghasilan akan sangat menguntungkan perusahaan. Oleh sebab itu dilakukanlah perancangan penerimaan risiko untuk mengetahui

apakah nilai risiko sebesar Rp 965.904.899,36 masih dapat diterima perusahaan.

Penerimaan risiko yang dapat diterima perusahaan hanya sebesar 0,75% dari kapasitas produksi. Nilai sebesar 0,75% merupakan nilai risiko untuk masing-masing sistem mesin Komori LS440. Kapasitas produksi mesin dihitung dari nilai *hourly rate* selama satu tahun.

Periode 1 tahun	= 24 jam x 22 hari x 12 bulan
	= 6336 jam
<i>Hourly rate</i>	= Rp 19.400.000,00
Kapasitas produksi	= Rp 19.400.000,- x 6336
	= Rp 122.918.400.000,-
Total Risiko	= Rp 965.904.899,36
Presentase	= Total Risiko / kapasitas produksi
	Rp 965.904.899,36 / Rp
	= 122.918.400.000,-
	= 0,79 % > 0,75%

Dari hasil perhitungan didapatkan bahwa presentase total risiko yang ditanggung PT ABC jika tidak menjalankan kegiatan *preventive maintenance* akan memberikan risiko sebesar 0,79 % sedangkan *failure* yang diterima oleh perusahaan yaitu sebesar 0,75 % untuk sistem mekanik.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis dan pengukuran pada penelitian ini didapatkan *preventive maintenance* yang tepat untuk komponen yang terdapat pada subsistem kritis, yaitu komponen *Sucker Feeder* yaitu *Scheduled on Condition Task* (dilakukan setiap 3,5 bulan sekali) dan *Scheduled Discard Task* (dilakukan setiap 4 bulan sekali), komponen Rantai Meja *Feeder* yaitu *Scheduled on Condition Task* (dilakukan setiap 4,5 bulan sekali), *Scheduled Restoration Task* (dilakukan setiap 5,5 bulan sekali), dan *Scheduled Discard Task* (dilakukan setiap 5,5 bulan sekali), dan komponen *solenoid Feeder* yaitu *Scheduled on Condition Task* (dilakukan setiap 5,5 bulan sekali), *Scheduled Restoration Task* (dilakukan setiap 2,6 bulan sekali), dan *Scheduled Discard Task* (dilakukan setiap 2,5 bulan sekali). Kegiatan *preventive maintenance* ini membutuhkan biaya sebesar Rp 971.567.519,69. Sedangkan pengolahan dengan metode RBM didapatkan nilai risiko yang diterima PT ABC jika mesin mengalami kerusakan yaitu sebesar Rp 965.904.889,36.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Moubrey, J. (1991). *Reliability Centered Maintenance II*. Oxford: Butterworth-Heinemann, Ltd.
- [2] Dhillon, B. S. (2002). *Engineering Maintenance "A Modern Approach"*. New York: CRC Process LLC.
- [3] Khan, F., & Haddara, M. (2004). *Risk-Based Maintenance (RBM) : A New Approach for Process Plant Inspection and Maintenance*. *Process Safety Progress*, 252-264.

- [4] Jatnika, M. (2015). *Perancangan Usulan Perawatan Mesin Teh Hitam Orthodox Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance Di PT Perkebunan Nusantara VIII Pabrik Rancabali*. Bandung: Telkom University.
- [5] Noorzaman, H. (2011). *Optimasi Preventive Maintenance dan Pengadaan Komponen Kritis Mesin Toshiba BMC-100(5) dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance, Risk Based Maintenance dan Marginal Assurance di PT Dirgantara Indonesia*. Bandung: Telkom University.
- [6] Harvard, T. (2000). *Determine of a Cost Optimal, Predetermined Maintenance Schedule*.